



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

KLİMA SANTRALLERİNDE ENERJİ SINIFI HESAPLAMA METODU

**VOLKAN ARSLAN
ALARKO CARRIER**



KLİMA SANTRALLERİNDE ENERJİ SINIFI HESAPLAMA METODU

Volkan ARSLAN

ÖZET

Günümüzde klima santralleri hemen hemen her türlü ticari binalarda kullanılan ana cihazlardan birisidir. Bu kadar önemli bir cihazda enerji sınıfı hesaplanması gerek tüketiciler gerekse üreticiler tarafından fazla bilinmemekte ya da hesaplama yöntemi yanlış anlaşılabilir. Klima santralinin seçimi çok detaylı ama ilk yatırım ve işletme maliyetini düşürmek için de bir o kadar önemlidir. Bu çalışmada Türk İklimlendirme Sektörü'nde 40'a yakın firmanın üretici veya tedarikçi olarak faaliyet gösterdiği klima santrali cihazı için çok fazla bilinmeyen enerji sınıfı hesaplama yöntemi tüm parametreleri ile incelenerek detaylandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Klima santrali, Enerji sınıfı, Enerji etiketleme, Eurovent, Hava hızı, Basınç düşümü, Isı geri kazanım verimi, Fan gücü

ABSTRACT

Air handling units are main HVAC equipments which are used in almost all type of commercial buildings. Calculation method of air handling unit's energy efficiency is not very well known or can be misunderstood by end users or manufacturers. Selection of air handling units is very detailed and takes time but it is also very important to reduce first investment and operation cost. In this study, calculation method of air handling unit's energy efficiency class is reviewed and detailed in all aspects which is not known amongst most of the 40 manufacturers and suppliers of mentioned product in Turkish HVAC industry.

Key Words: Air handling unit, Energy level, Energy labelling, Eurovent, Air velocity, Pressure drop, Heat recovery efficiency, Absorbed fan power

GİRİŞ

Klima santrallerine (KS) gelen enerji, iki ana gruba ayrılabilir; termal enerji (ısıtma ve soğutma için) ve elektrik enerjisi (fanlar için). Isıtma için farklı termal enerji tüketiminin farklı seviyeleri, Isı Geri Kazanım Sistemi (IGKS) verimliliği dikkate alınarak kapsamıştır. Termal enerji tüketimi için iklim bağımlılığı dikkate alınmış ve termal enerji ile elektrik enerjisi arasındaki birincil enerji farkı, IGKS boyunca basınç düşüşlerinin etkisini değerlendirmek amacıyla hesaba katılmıştır. Soğutma için termal enerji dikkate alınmamıştır çünkü bunun etkisi daha azdır (Avrupa'nın çoğu için göz ardı edilebilir). Fanlar için elektrik enerjisiyle ilgili olarak, bu yöntem ünite boyutunun etkisi ve fan teçhizatının verimliliği için geçerlidir. Farklı KS uygulamalarındaki bileşenlerin kullanımındaki büyük farklılıklar nedeniyle diğer bileşenler (bataryalar gibi), birer birer kapsamaz (bundan dolayı fanlar için toplam basınç dikkate alınmaz). Etkileyen ana faktörler; hız, IGKS basınç düşüşü, besleme ve/veya egzoz hava fanının genel statik verimliliği ve elektrik motorunun/motorlarının verimliliği, fanlar için kullanılan enerji hakkında iyi bir tahmin verecektir. Ancak sınıflandırma, bir sistem enerji etiketi sayılmaz.

Hesaplamlarda kullanılan sınıflar için gerekli olan değerler, EN13053: "Binalar için havalandırma - Klima Santralleri - Üniteler, bileşenler ve bölümler için güç ve performans" Avrupa Standardından alınmıştır.

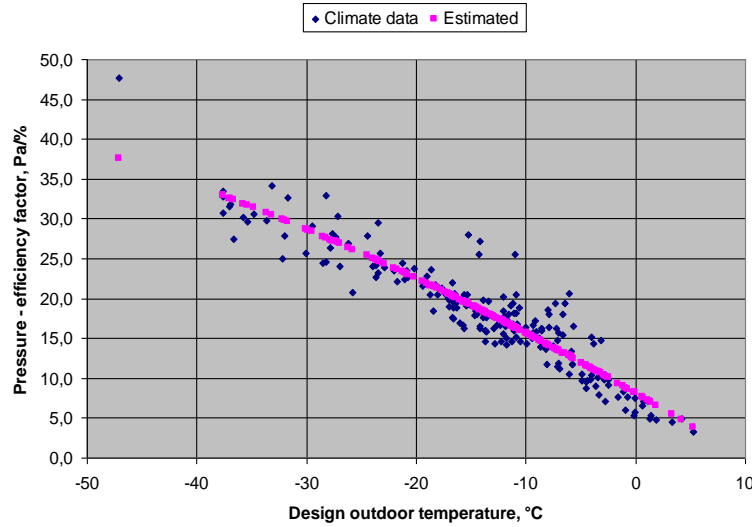
Ön Koşullar

- Hesaplamlar, standart hava yoğunluğu ile ($1,2 \text{ kg/m}^3$) yapılmalıdır.
- Sınıflandırma değerlendirmesindeki hesaplamlarda, kış zamanı için tasarım koşulları, hava debileri, dış hava sıcaklığı, karışım oranı, ısı geri kazanım verimliliği vs. için kullanılmalıdır.
- Hesaplamlardaki hızlar, besleme için ünite alanının içini, sırasıyla klima santralinin çıkış hava debisini temel alan KS çapraz kesitteki hava hızlarıdır. Hız, ilgili ünitenin filtre bölümün alanını temel alır; ya da eğer takılı bir filtre yoksa, fan bölümünün alanını temel alır.
- Ünitenin çapraz kesitindeki hız ile iç statik basınç düşüşü arasındaki ilişki, 1,4'ün kuvvetine üst sayılır.

$$\Delta p_{st-1} = \left(\frac{v_1}{v_0} \right)^{1.4} \times \Delta p_{st-0}$$

- Dengeli hava debilerindeki ısı geri kazanım kurutma verimliliği kullanılmalıdır. Eğer ısı geri kazanım bölümü boyunca çıkan ("egzoz hava girişi" olarak da adlandırılır) hava debisi, ısı geri kazanım bölümü boyunca olan besleme hava debisinden farklı olursa, besleme hava debisine eşit her iki hava debisi için de verimlilik hesaplanmalıdır. Isı geri kazanım bölümü için besleme havası debisi verimlilik değerlendirmesi için, kış zamanı alınmalıdır (ünitenin besleme hava debisi, bir karışım hücresi durumunda daha yüksek olabilir).
- Isı geri kazanım bölümünün basınç düşüş değerlendirmesi için, kış zamanı için olan ısı geri kazanımı boyunca tasarım hava debileri alınmalıdır. Basınç düşüşü, yoğunlaşma dikkate alınmadığından artar.
- Isı borulu sistemler için ısı geri kazanım verimliliği figürleri, gerçek etilen glikol tasarım yüzdeleri, tasarım sıvı akışları ve tasarım giriş sıcaklıkları tabanlı olmalıdır.
- Elektrik enerjisi ve termal enerji arasındaki ağırlık oranı 2'dir (1 kWh elektrik enerjisi \approx 2 kWh (birincil) termal enerji).
- Bir ısı geri kazanım sisteminin basınç düşüşü ile verimliliği arasındaki eşitlik için ampirik bir formül, dış iklimin bir fonksiyonu olarak, tüm Avrupa'da yapılan çeşitli enerji tüketim hesaplamalarından elde edilmiştir (bkz. Şekil 1):

$$f_{pe} = (-0,0035 \times t_{ODA} - 0,79) \times t_{ODA} + 8,1 \text{ [Pa/\%]}$$



Şekil 1. Eşitlik Verimliliği / Basınç Düşüşü

Klima Santrali Alt Grupları

Farklı etiket işaretlerine sahip üç alt grup tanımlanmıştır:

- 1) Tasarım kış sıcaklığındaki tam veya kısmi ≤ 9 °C dış hava kullanan üniteler.
Bu alt grup, dış havaya tasarım dış hava sıcaklığı ile bağlı ünitelerden oluşur, kış zamanı ≤ 9 °C. Eğer ünite bir karışım bölümü içeriyorsa, resirkülasyon havasının miktarı %85'ten az olduğu sürece bu grup içindeymiş gibi davranılacaktır. Eğer daha fazla resirkülasyon talep edilirse, basınç düzeltmesi Δp_z için uygulanabilir eşitlikte %85 için hesaplama değeri kullanılmalıdır. Bu alt grup, filtre çapraz kesitindeki hızı, IGKS verimliliğini ve basınç düşüşünü ve de fan(lar) için şebeke güç tüketimini dikkate alacaktır. Sınıf işaretleri **A** - **<E** şeklindedir.
- 2) Resirkülasyon üniteleri veya tasarım giriş sıcaklıkları > 9 °C olan üniteler.
Bu alt grup, %100 resirkülasyon havasına sahip üniteleri, kış zamanı > 9 °C sırasında tasarım dış hava sıcaklığı dış havaya bağlı üniteleri veya bir ilave hava ünitesinin yukarı akışından yayılan (önceden ayarlanmış) giriş sıcaklığı > 9 °C olan üniteleri içerir. Bu alt grup, sadece filtre bölümünün çapraz kesit hızını ve fan/fanlar için şebeke güç tüketimini dikkate alır. Sınıf işaretleri **A_G** - **<E_G** arasındadır.
- 3) Sadece egzoz üniteleri
Sadece egzoz üniteleri için alt gruptur (Bu bir ünite uygulamasına bir enerji etiketi uygulamanın ilk sebebi, bunların ısı geri kazanımı içerebilmeleridir. Diğer sebep ise tasarım dış hava sıcaklığının bu tür üniteler için herhangi bir alâkaya sahip olmamasıdır). Bu alt grup, sadece filtre bölümünün çapraz kesit hızını ve fan/fanlar için şebeke güç tüketimini dikkate alır. Sınıf işaretleri **A_h** - **<E_h** arasındadır.

Referans Tablosu

Tablo 1. Enerji verimliliği hesaplamaları için tablo

SINIF	Tüm Üniteler	Tasarım kış sıcaklığındaki tam veya kısmi dış hava için üniteler ≤ 9 °C.		Kullanılan güç faktörü $f_{\text{sınıf-Pref}} [-]$
	Hız $v_{\text{sınıf}} [\text{m/s}]$	Isı geri kazanım sistemi $\eta_{\text{sınıf}} [\%]$	$\Delta p_{\text{sınıf}} [\text{Pa}]$	
A / A_G / A_h	1.8	75	280	0.9
B / B_G / B_h	2.0	67	230	0.95
C / C_G / C_h	2.2	57	170	1.0
D / D_G / D_h	2.5	47	125	1.06
E / E_G / E_h	2.8	37	100	1.12
<E / <E_G / <E_h	Hesaplama gerekli değil			Gerekli değil

En düşük sınıflar <E, <E_G ve <E_h gerekliliklere sahip değildir.

Metodoloji

Prencip, farklı enerji parametrelerine sahip seçilen ünitenin, Tablo 1'de hedeflenenler için gereklilikleri tam olarak karşılayacak bir üniteden daha fazla enerji tüketip tüketmediğini belirlemektir.

İlgili hava tarafları, besleme ve/veya egzoz için şu dört adımı gerçekleştir:

1. Bir KS'nin belirli bir sınıfın gerekliliklerini karşılamak için tasarlandığını varsayın ve Tablo 1'den ilgili sınıf değerlerini ("sınıf" alt simgesi):
 - hız $v_{\text{sınıf}}$ için
 - kullanılan motor gücü $f_{\text{sınıf-Pref}}$Eğer alt grup 1 ise (tasarım kış sıcaklığı ≤ 9 °C'deki tam veya kısmi dış hava için üniteler), ayrıca şunu uygulayın:
 - ısı geri kazanım verimliliği $\eta_{\text{sınıf}}$
 - basınç düşüşü $\Delta p_{\text{sınıf}}$
2. Tasarım hava debisi, kış zamanı, gerçek seçim değeri (alt simge "s") değerlerinde sınıflandırılacak gerçek klima santrali için kullanın:

- fan statik basınç artışı $\Delta p_{s\text{-statik}}$
 - cihaz dışı basınç düşüşü $\Delta p_{s\text{-dış}}$
 - hız v_s
 - eğer besleme havası tarafı ise şebekeden seçilen fana beslenen güç $P_{s\text{-sup}}$ aksi halde $P_{s\text{-ext}}$
- eğer alt grup 1 ise, şunu da kullanın
- IGKS kuru verimlilik η_s
 - IGKS basınç düşüşü $\Delta p_{s\text{-IGKS}}$
3. Hıza bağlı basınç düzeltmesini hesaplayın Δp_x (bkz. 6)
Eğer alt grup 1 ise, o zaman şunu hesaplayın:
- IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi Δp_y (bkz. 7)
 - IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi Δp_z (bkz. 8)
4. Gerçek klima santrali tarafı için fan referans gücünü hesaplayın $P_{\text{hava tarafı-ref}}$, yani $P_{\text{sup-ref}}$ eğer besleme hava tarafı veya egzoz çıkan hava tarafı ise $P_{\text{ext-ref}}$ (bkz. 9).
- Son kontrol, seçilen ünitenin hedeflenen sınıf için kullanılan güç tüketimi kriterlerini karşılayıp karşılamadığını doğrulamaktan oluşur. Yani kullanılan güç faktörünü hesaplayın $f_{s\text{-Pref}}$ (bkz. 10). Eğer hedeflenen sınıf için Tablo 1'de, $f_{s\text{-Pref}}$ değeri $f_{\text{class-Pref}}$ değerine eşit veya bundan düşükse, ünite sınıf gerekliliklerini karşılar. Aksi halde, aynı hesaplama prosedürü, daha düşük bir sınıf için tekrarlanmalıdır.

Hıza bağlı basınç düzeltmesi; Δp_x

$$\Delta p_x = (\Delta p_{s\text{-internal}} - \Delta p_{s\text{-HRS}}) \times \left\{ 1 - \left(\frac{v_{\text{class}}}{v_s} \right)^{1,4} \right\}$$

- burada: Δp_x = hıza bağlı basınç düzeltmesi [Pa]
 $\Delta p_{s\text{-iç}}$ = $\Delta p_{s\text{-statik}} - \Delta p_{s\text{-dış}}$ komponentlerdeki iç basınç düşüşü; sistem etki basınç düşümü hariç [Pa]
 $\Delta p_{s\text{-statik}}$ = fan girişi ve fan çıkışı [Pa] arasında ölçülen kullanışlı fan statik basınç artışı
 $\Delta p_{s\text{-dış}}$ = harici (kanal sistemi) basınç düşüşü [Pa]
 $\Delta p_{s\text{-IGKS}}$ = IGKS basınç düşüşü [Pa] (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3)
 $v_{\text{sınıf}}$ = Tablo 1'dekideğer [m/s]
 v_s = KS filtresi (eğer filtre yoksa fan) çapraz kesitindeki hız [m/s]

Hız için basınç düşüş düzeltmesi, ana enerji için eşitlik figürleri ve ısı geri kazanımı için düzeltmeler ile, enerji sınıfı ile tam uyumlu bir üniteyle karşılaştırıldığında ortaya çıkan statik basınç fazlalığına veya eksikliğine bir dönüşüm yapmak mümkündür. Statik basınçta fazlalık olması, gerçek ünitenin daha yüksek bir statik basınç talep etmesi anlamına gelir; statik basınçta eksiklik olması ise gerçek ünitenin sınıfla uyumlu ünitelerden daha düşük bir statik basınca ihtiyaç duyduğu anlamını taşır. Bu yüzden, bir statik basınç fazlalığı, daha yüksek bir enerji tüketimi, bir statik basınç eksikliği ise daha az enerji tüketimi demektir.

IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi; Δp_y

$$\Delta p_y = \Delta p_{s\text{-HRS}} - \Delta p_{\text{class}}$$

- burada: Δp_y = IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi [Pa]
 $\Delta p_{s\text{-IGKS}}$ = IGKS basınç düşüşü (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3) [Pa]
 $\Delta p_{\text{sınıf}}$ = Tablo 1'den değer [Pa] (eğer alt grup 2 veya 3 ise 0)

IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi; Δp_z

$$\Delta p_z = (\eta_{\text{class}} - \eta_s + 5 \times cf_{\text{heater}}) \times \left(1 - \frac{mr}{100} \right) \times f_{pe}$$

- burada: Δp_z = IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi [Pa]
 η_s = IGKS kuru verimlilik kış [%] (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3)



$\eta_{\text{sınıf}}$	=	değer Tablo 1'den [%] (eğer alt grup 2 veya 3 ise 0)
m_r	=	karıştırma oranı, kış (resirkülasyon havası / besleme havası; maksimum), izin verilen aralık 0 - 85 [%]
f_{pe}	=	basınç – verimlilik faktörü = $(-0,0035 \times t_{\text{ODA}} - 0,79) \times t_{\text{ODA}} + 8,1$ [Pa/%]
t_{ODA}	=	tasarım dış hava sıcaklığı, kış [°C]
$cf_{\text{ısıtıcı}}$	=	elektrikli ısıtıcı için düzeltme (ilave ısıtıcı, yani ısıtıcı akışın alt tarafına IGKS). = elektrikli ısıtıcı olmadığında 0 = bir elektrikli ısıtıcı olduğunda 1

Fan referans gücü; $P_{\text{sup-ref}}$ eğer besleme havası tarafı ise, $P_{\text{ext-ref}}$ eğer egzoz hava tarafı ise

Toplam statik basınç düzeltmesi $\Delta p_x + \Delta p_y + \Delta p_z$ pozitif veya negatif bir değere sahiptir. Negatif bir değer, seçilen ünite için gerekli olan statik basıncın, sınıfla uyumlu ünitenin olabileceği statik basınçtan daha düşük olduğu anlamına gelir. Pozitif bir basınç değeri içinse durum tam tersidir. Şimdi, seçilen ünitenin mevcut statik basıncından, hesaplanan basınç düzeltmeleri hesaba katılarak, bir sınıf uyumlu ünite için fan referans gücü elde edilmelidir.

$$P_{\text{air side-ref}} = \left(\frac{\Delta p_{\text{s-static}} - (\Delta p_x + \Delta p_y + \Delta p_z)}{450} \right)^{0.925} \times (q_{v-s} + 0.08)^{0.95}$$

burada: $P_{\text{hava tarafı-ref}}$ = fan referans gücü [kW] (besleme havası tarafı için $P_{\text{sup-ref}}$ ya da egzoz havası tarafı için $P_{\text{ext-ref}}$ kullanın)
 q_{v-s} = hava debisi [m^3/s]

Kullanılan güç faktörü; f_{s-Pref}

$$f_{s-Pref} = \frac{P_{s-sup} + P_{s-ext}}{P_{sup-ref} + P_{ext-ref}}$$

burada: f_{s-Pref} = kullanılan güç faktörü
 P_{s-sup} = şebekeden beslenen aktif güç, her türlü motor kontrol ekipmanı dahil, seçilen besleme hava fanına [kW]
 P_{s-ext} = şebekeden beslenen aktif güç, her türlü motor kontrol ekipmanı dahil, seçilen çıkış hava fanına [kW]
 $P_{sup-ref}$ = besleme hava fanı referans gücü [kW]
 $P_{ext-ref}$ = çıkış hava fanı referans gücü [kW]

Isı borulu sistemler için ısı geri kazanımı

Isı borulu sistemler için aşağıdakiler geçerlidir.

Glikol veya sıcaklıkla ilgili olarak, hiçbir verimlilik düzeltmesi dikkate alınmamalıdır: verimlilik, gerçek glikol yüzdesi ile gerçek sıcaklıklar üzerinden değerlendirilecektir.

Dengeli hava akışlarındaki verimlilik için bir düzeltme uygulanmalıdır. Gerçek düzeltme seçim yazılımından elde edilebiliyorsa, bunu kullanmak her zaman mümkündür. Aksi halde şu eşitlik kullanılmalıdır:

$$\varphi_{1:1} = \varphi_s \times \sqrt{\frac{\dot{m}_{\text{ODA}}}{\dot{m}_{\text{ETA}}}}$$

burada: $\varphi_{1:1}$ = dengeli hava debileri için verimlilik [%]
 φ_s = dengesiz hava debileri için gerçek verimlilik [%]
 \dot{m}_{ODA} = dış (besleme) hava debisi [kg/s]
 \dot{m}_{ETA} = egzoz havası debisi [kg/s]

Eşitlik, minimum 0,6 egzoz hava debisi x besleme hava tarafı veya maksimum 1,2 egzoz hava debisi x besleme hava tarafı için geçerlidir. Eğer oran limitlerin dışına çıkarsa, 0,6 ve 1,2 düzeltmeleri kullanılmalıdır.



SONUÇ

Bu çalışmada belirtildiği üzere klima santrali enerji sınıfı hesaplamasında çok fazla parametre belirleyici rol oynamaktadır. Sistemlerin doğru seçimi ve verimli işletilmesi için tüm bu parametrelerin enerji sınıfına etkisinin bilinmesi son derece önemlidir. Hesaplamayı yaparken sadece tek bir parametreyi değil onu değiştirirken diğer sistem parametrelerine olumlu/olumsuz etkisi iyi değerlendirilmesidir.

KAYNAKLAR

- [1] EN 13053, "Binalar için havalandırma - Klima Santralleri - Üniteler, bileşenler ve bölümler için güç ve performans", 2006+A1:2011.
- [2] EUROVENT Air Handling Units Energy Efficiency Class, Fourth Edition, 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Volkan ARSLAN

1980 İstanbul doğumludur. 2012 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Tesisat Dalı'ndan mezun olmuştur. 2004-2006 yılları arasında Ece Mühendislik firmasında Proje ve Teklif Mühendisi olarak çalışmıştır. Alarko Carrier firmasında 2006-2011 yılları arasında Uygulama Mühendisi olarak çalışmış, 2011 yılından beri de Ticari Klimalar Ürün Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir erkek çocuk babasıdır.